

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-69146

(P2001-69146A)

(43)公開日 平成13年 3月16日 (2001.3.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 4 L 12/24

12/26

12/56

識別記号

F I

H 0 4 L 11/08

11/12

11/20

テーマコード(参考)

5 K 0 3 0

1 0 2 A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平11-238181

(22)出願日

平成11年 8月25日 (1999.8.25)

特許法第30条第1項適用申請有り 1999年 3月 8日 社  
団法人電子情報通信学会発行の「1999年電子情報通信学  
会総合大会講演論文集 通信 2」に発表

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目 3番 1号

(72)発明者 高土居 広幸

東京都千代田区大手町二丁目 3番 1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 木村 卓巳

東京都千代田区大手町二丁目 3番 1号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外 1名)

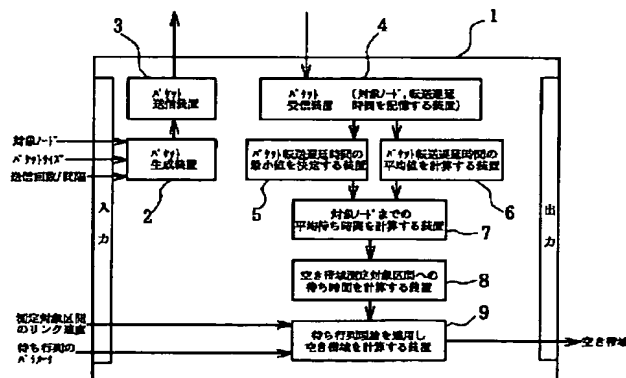
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パケット交換ネットワーク区間空き帯域測定方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 パケット交換ネットワークへの負荷が軽く、  
所望の区間の空き帯域を測定することができるパケット  
交換ネットワークの区間空き帯域測定方法及び装置を提供する。

【解決手段】 測定装置から、測定対象区間の両端に位置する二つの送信対象ノードへ一つの経路により、それぞれ、複数のテストパケットを送信し、二つの送信対象ノードまでのパケット転送遅延時間を計測し、計測値の最小値及び平均値を求め、それらにより、パケットが測定装置から送信対象ノードまでに通過する各ノードの待ち行列における平均待ち時間の和を算出し、二つの送信対象ノードのそれぞれについて得られた平均待ち時間の和の差から、測定対象区間への待ち行列における区間平均待ち時間を算出し、測定対象区間を待ち行列モデル化し、区間平均待ち時間に基づいて待ち行列モデル計算を行い空き帯域を算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パケット交換ネットワークの任意の区間の空き帯域を測定する方法において、

パケット交換ネットワーク内に設置した測定装置から、測定対象区間の両端に位置する二つの送信対象ノードへ一つの経路により、それぞれ、複数のテストパケットを送信し、該二つの送信対象ノードまでのパケット転送遅延時間をそれぞれ計測するステップ、

該パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて最小値を決定するステップ、

該パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて平均値を求めるステップ、前記二つの送信対象ノードそれぞれについてのパケット転送遅延時間の最小値及び平均値から、パケットが測定装置から送信対象ノードまでに通過する各ノードの待ち行列における平均待ち時間の和を算出するステップ、

前記二つの送信対象ノードのそれぞれについて得られた平均待ち時間の和の差から、測定対象区間への待ち行列における区間平均待ち時間を算出するステップ、及び、測定対象区間を待ち行列モデル化し、前記区間平均待ち時間に基づいて待ち行列モデル計算を行い空き帯域を算出するステップを含むことを特徴とするパケット交換ネットワーク区間空き帯域測定方法。

【請求項 2】 パケット交換ネットワーク内の任意の送信対象ノードへ複数のテストパケットを送信してパケット転送遅延時間を計測する手段、

パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて最小値を決定する手段、

パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて平均値を求める手段、

パケット転送遅延時間の最小値及び平均値から、送信対象ノードまでに通過する各ノードの待ち行列における平均待ち時間の和を算出する手段、

測定対象区間の両端の二つの送信対象ノードまでの待ち行列における平均待ち時間の和の差から、測定対象区間への待ち行列における区間平均待ち時間を算出する手段、及び、

測定対象区間を待ち行列モデル化し、区間平均待ち時間を用いて待ち行列モデル計算を行い空き帯域を算出する手段を具えることを特徴とするパケット交換ネットワーク区間空き帯域測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インターネット等のパケット交換ネットワークを管理する技術に関するものであり、詳細には、ネットワークの状態を測定する技術及びネットワーク上で提供されるサービスの品質を管理する技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 パケット交換ネットワークについて、従来の空き帯域を測定する方法としては、実際にデータを転送し、転送できたデータの容量を転送に要した時間で除算する方法が用いられてきた。この方法では、データを転送するために測定装置とは別に転送の相手装置となるもう 1 台の装置が必要であるという問題があった。また、この方法で測定できる空き帯域は、測定装置と相手装置との間の経路における空き帯域が最小の区間の値であり、その区間を特定することが困難であること、任意の区間を測定できないこと等の問題があった。更に、この方法では、測定装置と相手装置との間の経路における空き帯域最小の区間に対して、その空き帯域を使い尽くすだけのデータ転送を行う必要があるため、パケット交換ネットワークへの負荷が大きく、その区間を共有している他のトラフィックがパケット損失を生じる等の悪影響を受けるという問題があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、パケット交換ネットワークへの負荷が軽く、所望の区間の空き帯域を測定することができるパケット交換ネットワークの区間空き帯域測定方法及び装置を提供することにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明のパケット交換ネットワーク区間空き帯域測定方法は、パケット交換ネットワーク内に設置した測定装置から、測定対象区間の両端に位置する二つの送信対象ノードへ一つの経路により、それぞれ、複数のテストパケットを送信し、該二つの送信対象ノードまでのパケット転送遅延時間をそれぞれ計測するステップ、該パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて最小値を決定するステップ、該パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて平均値を求めるステップ、前記二つの送信対象ノードそれぞれについてのパケット転送遅延時間の最小値及び平均値から、パケットが測定装置から送信対象ノードまでに通過する各ノードの待ち行列における平均待ち時間の和を算出するステップ、前記二つの送信対象ノードのそれぞれについて得られた平均待ち時間の和の差から、測定対象区間への待ち行列における区間平均待ち時間を算出するステップ、及び、測定対象区間を待ち行列モデル化し、前記区間平均待ち時間に基づいて待ち行列モデル計算を行い空き帯域を算出するステップを含むことを特徴とする。

【0005】 また、本発明のパケット交換ネットワーク区間空き帯域測定装置は、パケット交換ネットワーク内の任意の送信対象ノードへ複数のテストパケットを送信してパケット転送遅延時間を計測する手段、パケット転送遅延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて最小値を決定する手段、パケット転送遅延

延時間の計測値から、前記二つの送信対象ノードそれぞれについて平均値を求める手段、パケット転送遅延時間の最小値及び平均値から、送信対象ノードまでに通過する各ノードの待ち行列における平均待ち時間の和を算出する手段、測定対象区間の両端の二つの送信対象ノードまでの待ち行列における平均待ち時間の和の差から、測定対象区間への待ち行列における区間平均待ち時間を算出する手段、及び、測定対象区間を待ち行列モデル化し、区間平均待ち時間を用いて待ち行列モデル計算を行い空き帯域を算出する手段を具えることを特徴とする。

【0006】

【発明の実施の形態】次に、図面を用いて本発明の実施例を説明する。図1は本発明が適用されるネットワーク構成及び測定対象区間を説明する図であり、ここでは、パケット交換ネットワークの例としてIPネットワーク10を示す。このIPネットワーク10では、本発明による測定装置1から経路に沿ってリンク1,2,...,j-1,j,...及びIPルータ1,2,...,j-1,j,...が一列に繋がっている。ここでは、測定対象区間をj番目のリンクjとし、その両端のIPルータをIPルータj-1及びIPルータjとする。また、IPルータはパケット応答要求に対して即座に応答パケットを返送する機能を具えているものとする。既存のIPルータは全てこの機能を具えている。また、本発明の方法が測定装置1に実装されているものとする。

【0007】図2は本発明のパケット交換ネットワーク区間空き帯域測定装置1の構成例を示すブロック図である。図中、2はパケット生成装置、3はパケット送信装置、4はパケット受信装置、5はパケット転送遅延時間の最小値を決定する装置、6はパケット転送遅延時間の平均値を計算する装置、7は対象ノードまでの平均待ち時間を計算する装置、8は空き帯域測定対象区間への平均待ち時間を計算する装置、9は待ち行列理論を適用し空き帯域を計算する装置である。

【0008】測定装置1に入力される対象ノード、パケットサイズ、送信回数、送信間隔等のパラメータにより、パケット生成装置2でテストパケットが生成され、生成されたテストパケットはパケット送信装置3から送信される。返送されてきたテストパケットはパケット受信装置4で受信され、対象ノード、転送遅延時間等のデータが記憶される。このパケット受信装置4に記憶されたデータに基づいて、装置5ではパケット転送遅延時間の最小値が決定され、装置6ではパケット転送遅延時間の平均値が計算される。これらのパケット転送遅延時間の最小値及び平均値から、装置7で対象ノードへの平均待ち時間の和が計算される。装置8では、隣接する対象ノードへの平均待ち時間の和の差から空き帯域測定対象区間への区間平均待ち時間が計算され、この計算結果及び測定対象区間のリンク速度、待ち行列のパラメータ等から、装置9で、待ち行列理論を適用し空き帯域が計算

され、結果が出力される。

【0009】図3は本発明の実施例のフローを示す図である。先ず、一定サイズのテストパケットを用いて、測定対象区間の一端のIPルータjまでのパケット転送遅延時間 $D_{j,i}$ を複数回(1~i)測定する(ステップ11)。同様に、測定対象区間の他端のIPルータj-1までのパケット転送遅延時間 $D_{j-1,i}$ を複数回(1~i)測定する(ステップ12)。この場合、測定の順序は任意である。次に、得られたパケット転送遅延時間 $D_{j,i}$ 及び $D_{j-1,i}$ から、両IPルータ毎に最小値 $\min_i(D_{j,i})$ 及び $\min_i(D_{j-1,i})$ をそれぞれ決定する(ステップ13、15)。同様に、得られたパケット転送遅延時間 $D_{j,i}$ 及び $D_{j-1,i}$ から、両IPルータ毎に平均値 $\text{ave}_i(D_{j,i})$ 及び $\text{ave}_i(D_{j-1,i})$ をそれぞれ計算する(ステップ14、16)。この平均値は、ネットワークの状態により、中間値等、他の平均を示す値を用いてもよい。

【0010】経路上のx番目のIPルータxへの平均パケット転送遅延時間 $\text{ave}_i(D_{x,i})$ は、経路に対して固有にかかる転送遅延時間 $L_x$ と経路の混雑状況によって変動する平均待ち時間 $W_x$ との和で示すことができる。 $L_x$ は、経路上の各区間を信号が伝播するのに要する時間と通過する各IPルータでパケットを処理するのに要する時間との和である。

【0011】また、 $W_x$ は、通過する各リンクへの区間平均待ち時間の和 $\sum Q_k$ ( $k=1,2,\dots,x$ )である。パケット転送遅延時間の最小値 $\min_i(D_{x,i})$ は、充分多くのテストパケットによる測定データがあれば、経路上の全ルータで待ち時間なく転送される可能性が高く、 $L_x$ と見做することができる。従って、

$$W_x = \text{ave}_i(D_{x,i}) - L_x \\ = \text{ave}_i(D_{x,i}) - \min_i(D_{x,i})$$

により、IPルータxまでの平均待ち時間 $W_x$ を算出することができる。この式を用いて測定対象区間の両端のIPルータj及びj-1について、それぞれ $W_j$ 及び $W_{j-1}$ を算出する(ステップ17、18)。

【0012】測定対象区間jにおける区間平均待ち時間 $Q_j$ は、IPルータjまでの平均待ち時間とIPルータj-1までの平均待ち時間との差

$$Q_j = W_j - W_{j-1}$$

により計算することができる。

【0013】以上のことから、測定対象区間における区間平均待ち時間を求める(ステップ19)。対象区間を流れるトラヒックは、WWW等のコンテンツサイズに対応するバーストを単位として捉える。この時、各バーストの生成過程がポアソン分布(ランダム到着)で記述でき、サービス時間も平均Mの指数分布で表現されるバースト長に比例すると仮定すると、待ち行列計算から

$$B_j = M \cdot R_j / (M + R_j \cdot Q_j)$$

により、測定対象区間jの空き帯域 $B_j$ を計算すること

ができる(ステップ20)。ここで、 $R_j$ は測定対象区間のリンク速度である。この $R_j$ は既知の場合もあるが、既知でない場合でも、測定対象区間の両端のIPルータに対して特願平10-275673号に記載されているような任意の区間のリンク速度を求める手法を適用すること等により、ネットワークに大きな負荷をかけることなく求めることができる。

【0014】

【発明の効果】以上説明したように、従来の方法では相手端末とデータのやりとりをする必要があったが、本発明の packets 交換ネットワーク区間空き帯域測定方法によれば、測定装置からテスト packets をノードへ送信するため、相手端末が必要ないという利点がある。また、従来の方法では測定装置と相手端末との間の経路で最も空き帯域の小さい区間の値しか測定できなかったが、本発明の方法によれば、測定装置から測定対象区間の両端ノードにテスト packets を送信するため、任意区間の空き帯域を測定できるという利点がある。更に、従来の方法では、測定装置と相手端末との間の経路で最も空き帯域の小さい区間に対してその空き帯域を使い尽くすだけのデータ転送を行う必要があり、その区間を共有する他のトラヒックが悪影響を受けるという問題があったが、

本発明の方法によれば、容量の小さいテスト packets を用いるため、packets 交換ネットワークへの負荷を大幅に軽減でき、区間を共有する他のトラヒックに影響を及ぼさないという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明が適用されるネットワーク構成及び測定対象区間を説明する図である。

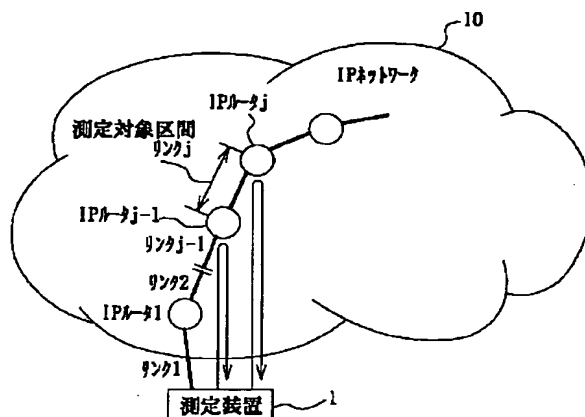
【図2】 本発明の packets 交換ネットワーク区間空き帯域測定装置の構成例を示すブロック図である。

10 【図3】 本発明の実施例のフローを示す図である。

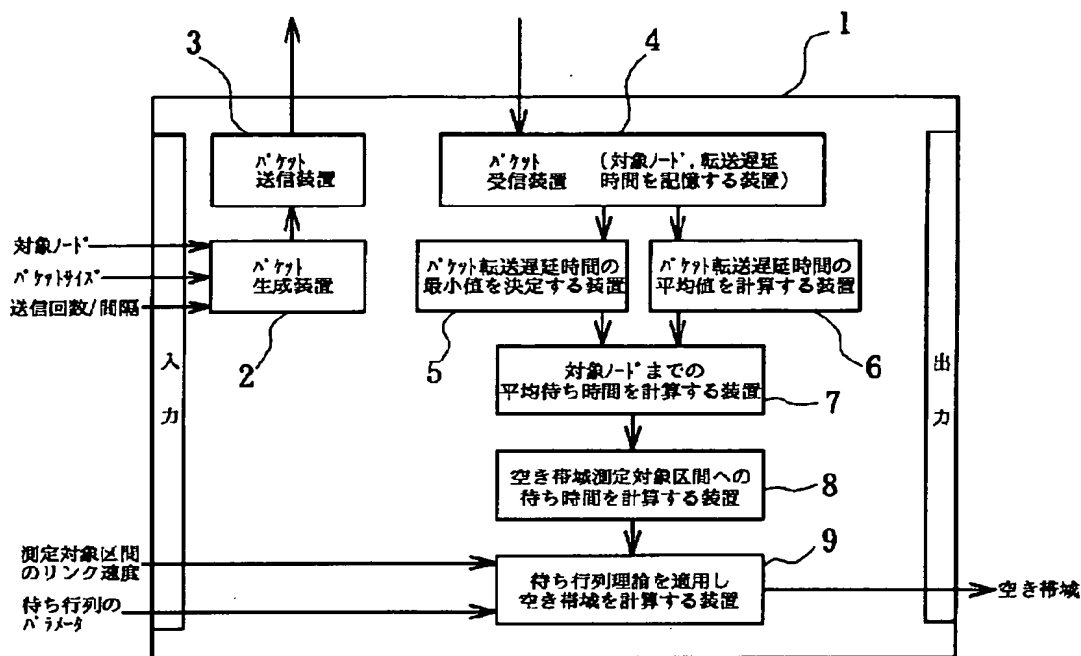
【符号の説明】

- 1 測定装置
- 2 packets 生成装置
- 3 packets 送信装置
- 4 packets 受信装置
- 5 packets 転送遅延時間の最小値を決定する装置
- 6 packets 転送遅延時間の平均値を計算する装置
- 7 対象ノードまでの平均待ち時間を計算する装置
- 8 空き帯域測定対象区間への平均待ち時間を計算する装置
- 20 装置
- 9 待ち行列理論を適用し空き帯域を計算する装置
- 10 IPネットワーク

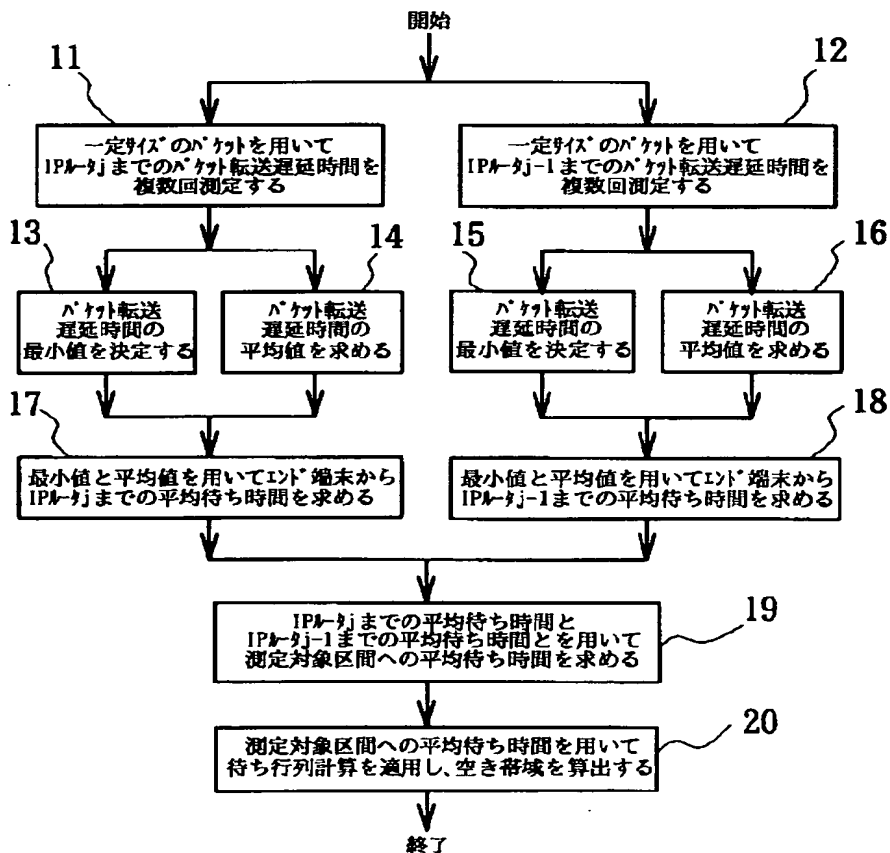
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 谷口 浩久  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 古屋 貴行  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K030 GA13 HA08 HC01 JA10 LE03  
MA01 MB00 MB06 MC01